

Laboratorio 2 – Péndulo Torsión

Nicolás Vargas 67000361

Tito Alexander Nova 67000

Sebastian Heredia 67000415

Kevin

Para: Álvaro Damián

Universidad Católica de Colombia

Óptica Ondas y Laboratorio

Bogotá D.C.

2020

INTRODUCCIÓN

Por medio de este laboratorio se presenta una de las aplicaciones del movimiento armónico simple llamada Péndulo de torsión, donde con este se quiere llevar a cabo la relación entre M.Á.S y el momento de inercia. Existen tres variables que se utilizan para construir distintas relaciones como los son, el periodo de oscilación del cuerpo, el momento de inercia y la constante de torsión.

Por medio de una recolección de datos y procesos estadísticos se quiere estimar cual es el valor experimental de la constante de torsión con su respectiva incertidumbre

OBJETIVOS

Objetivos de Aprendizaje

- a. Potenciar el trabajo en equipo y las competencias comunicativas orales o escritas
- b. Manejar adecuadamente los instrumentos y material de laboratorio, para el registro de datos de magnitudes directas o indirectas con sus respectivas incertidumbres.
- c. Tabulación, organización, análisis e interpretación de resultados con el apoyo de relaciones matemáticas, de gráficas e indicadores estadísticos
- d. Identificar cuándo un fenómeno físico debe ser ajustado a su forma lineal para aplicar el método de regresión lineal.
- e. Reconocer una oscilación completa e identificar su duración temporal como el periodo.
- f. Calcular el valor experimental de la constante de torsión con su respectiva incertidumbre.

Objetivos de Enseñanza

- a. Hacer una breve introducción para conectar el movimiento armónico simple y el movimiento amortiguado con la práctica a realizar y explicar el objetivo de la experiencia a realizar
- b. Acompañar al estudiante resolviendo dudas de carácter conceptual, metodológico y procedimental.
- c. Fomentar la ética y la responsabilidad en el trabajo académico y en el ámbito profesional
- d. Fomentar la auto-reflexión crítica en el estudiante que permita la formación de ingenieros comprometidos con la sociedad y su proyecto de vida.
- e. Corregir y retroalimentar los informes de laboratorio
- f. Calcular el momento de inercia de un sistema de partículas

MARCO TEÓRICO

En el movimiento armónico simple tenemos diferentes clases de péndulos y entre ellos se encuentra el péndulo de torsión. Para este sistema el péndulo de torsión consta de un cuerpo rígido formado por dos cilindros iguales sujetos a una varilla de masa M y longitud L . Para cuerpos rígidos sujetos a un momento de torsión recuperador, el periodo de oscilación depende del momento de inercia I y la constante de torsión κ , cuya expresión matemática está dada por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\kappa}} \quad (1)$$

Para el caso de cuerpo rígido el momento de inercia depende de la ubicación del eje de giro. Este momento de inercia suele determinarse a lo largo de un eje de rotación que cruza por el centro de masa del cuerpo, cuando el eje de rotación no se localiza en el centro de masa, se utiliza el teorema de ejes paralelos para hallar el momento de inercia, así

$$I = I_{CM} + mr^2 \quad (2)$$

Para un sistema como el mostrado en la figura 1, las ecuaciones (1) y (2) se puede combinar para obtener la expresión:

$$T^2 = T_0^2 + \frac{8m\pi^2}{\kappa} r^2 \quad (3)$$

Donde T es el periodo, T_0 es el periodo de oscilación de la varilla sin masas en los extremos, r la distancia de las masas al eje de giro, m la masa de un cilindro y κ es la constante de torsión.

MONTAJE EXPERIMENTAL

1. Abrir la simulación, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/oscilaciones/torsion/torsion.html>
2. El anterior link carga la pantalla principal del simulador. La cual tiene la apariencia que se muestra en la ilustración 1

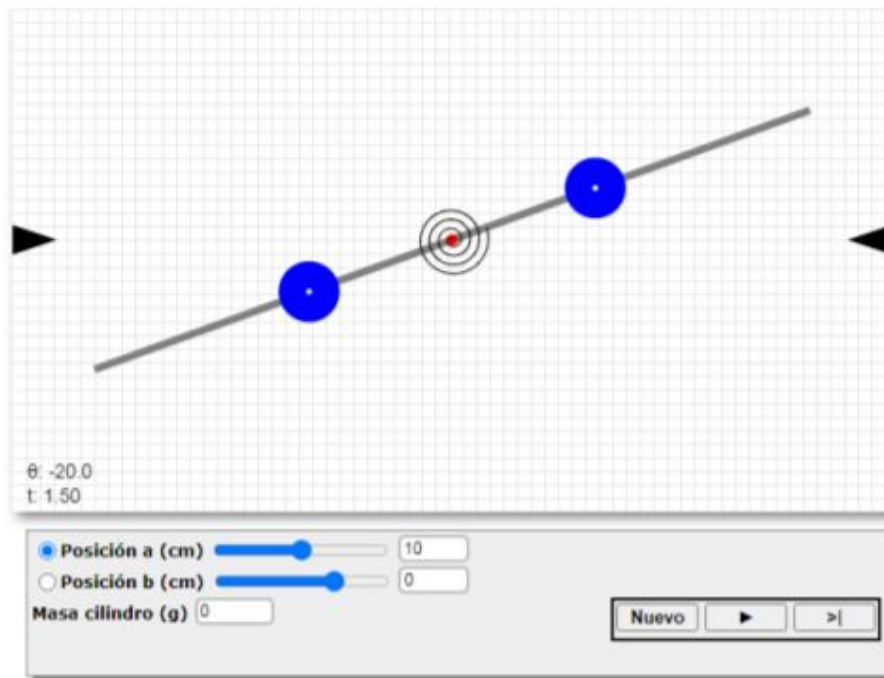


Ilustración 1. Pantalla inicial Simulador.

3. Herramientas del simulador En la siguiente ilustración número dos se señalan las herramientas del simulador que se utilizarán en la práctica

- Posición a: Con esta herramienta se podrá configurar la distancia de las masas.



Ilustración 3. Posición a.

- Posición b: Esta herramienta no se usará en esta práctica y debe mantener a lo largo de todo el experimento la barra completamente desplazada a la izquierda y su valor en 0.



Ilustración 4. Posición b.

- Masa del cilindro: Esta herramienta permite darles valor a las masas usadas en el experimento, el valor que se coloque en esta ventana será el de cada una de las dos masas.



Ilustración 5. Masa del cilindro.

- Cronometro: Esta herramienta permite medir el tiempo de las oscilaciones del péndulo



Ilustración 6. Cronometro.

- Nuevo: esta herramienta acepta los parámetros ingresados en los campos de posición a, posición b masa del cilindro, y deja listo el experimento para ser iniciado.



Ilustración 7. Nuevo.

- Inicio: Esta herramienta permite dar inicio a la oscilación y comenzar el conteo de tiempo en el cronómetro



Ilustración 8. Inicio.

- Pausa: Esta herramienta permite detener las oscilaciones del péndulo con el fin de registrar del tiempo que duran el número de oscilaciones requeridas por la guía



Ilustración 9. Pausa.

4. Configure la herramienta Posición a, con el primer valor de r , que se muestra en la tabla 1
5. Configure la herramienta Posición b, con el valor de cero (0), debido a que esta herramienta no será utilizada.
6. Establezca el valor de las masas en 240 gramos, este valor será constante en todo el procedimiento.
7. Use la herramienta Inicio para que el péndulo comience a oscilar, Luego cuente cinco oscilaciones y extraiga de la herramienta cronómetro el tiempo de duración de dichas oscilaciones y proceda a registrarlo en la tabla 1, para el valor de r establecido
8. Repita este procedimiento tres veces más y registre estos tiempos para el mismo valor de r utilizado.
9. Calcule el promedio de los cuatro valores de tiempo (t) resultantes de cada vez que el péndulo osciló cinco veces
10. Calcule el periodo (T) con el promedio de los tiempos obtenido en el apartado anterior.
11. Repita los apartados del (d) al (j), para cada uno de los valores de r que indica la tabla 1
12. Calcule el promedio de los valores de periodo que obtuvo para cada valor de r
13. Calcule el valor del periodo usando el valor del tiempo que duran cinco oscilaciones, pero esta vez debe configurar las herramientas Posición a, Posición b, y masa del cilindro con un valor de cero (0), esto con el fin de obtener el periodo de oscilación de la varilla sin masas, luego regístrelo en la Tabla 3.
14. Diligencie las tablas:

r (cm)	t1 (s) ±	t2 (s) ±	t3 (s) ±	t4 (s) ±	t promedio (s)	T (s)
5					±	±
7					±	±
9					±	±
11					±	±
13					±	±
15					±	±
					T Promedio	±
Sin masas					±	±

Tabla 1. Datos iniciales periodo.

r (cm)	r ² (cm ²)	T ² (s ²)	κ ((Nm)/rad)
5	±	±	±
7	±	±	±
9	±	±	±
11	±	±	±
13	±	±	±
15	±	±	±
κpromedio			±

Tabla 2. Constante de torsión.

K promedio (Nm/rad)	Error porcentual (%)
±	

Tabla 3. Resultado constante de torsión Promedio

K grafico (Nm/rad)	Error porcentual (%)
±	

Tabla 4. Resultado constante de torsión Ajuste Lineal

RESULTADOS

$T = t/n$ □ De esta manera hallamos el periodo

t = (tiempo de oscilación)

n = (número de oscilación)

Tabla 1. Datos iniciales de periodo

r (cm)	t1 (s) ±	t2 (s) ±	t3 (s) ±	t4 (s) ±	t promedio (s)	T (s)
5	4.50 ± 0.005	4.48 ± 0.06	4.46 ± 0.002	4.48 ± 0.003	4.48 ± 0.008	0.89 ± 0.08
7	5.32 ± 0.003	5.41 ± 0.025	5.30 ± 0.012	5.31 ± 0.001	5.33 ± 0.025	1.06 ± 0.02
9	6.26 ±	6.24 ±	6.28 ±	6.27 ± 0.01	6.26 ± 0.008	1.25 ± 0.08
11	7.20 ± 0.2	7.32 ± 0.2	7.18 ± 0.3	7.26 ± 0.002	7.24 ± 0.031	1.44 ± 0.03
13	8.22 ± 0.003	8.34 ± 0.003	8.26 ± 0.02	8.34 ± 0.002	8.29 ± 0.03	1.65 ± 0.03
15	9.36 ± 0.002	9.36 ± 0.002	9.32 ± 0.3	9.42 ± 0.3	9.36 ± 0.020	1.87 ± 0.02
					T promedio	1.36
Sin masas	2.02	2.00	2.00	1.96	1.99 ± 0.012	0.39 ± 0.01

Tabla 2. Constante de torsión

r(cm)	<u>$r^2(\text{cm}^2)$</u>	<u>$T^2(\text{s}^2)$</u>	<u>$K (\text{Nm/rad})$</u>
5	25 ± 0.3	0.7921 ± 0.64	±
7	49 ± 0.4	1.12 ± 0.3	±
9	81 ± 0.13	1.56 ± 0.54	±
11	121 ± 0.3	2.07 ± 0.3	±
13	169 ± 0.69	2.72 ± 0.87	±
15	225 ± 0.3	3.49 ± 0.3	±
	K promedio	K promedio	±

Tabla 3. Resultado constante de torsión promedio

K promedio (Nm/rad)	16.36	Error Porcentual (%)	0.32
---------------------	-------	----------------------	------

\pm	
-------	--

Tabla 4. Resultado constante de torsión. Ajuste Lineal

K gráfico (Nm/rad)	Error Porcentual (%)
15.6 \pm 0.36	0.36

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- a) Con cada par de datos (r , T) calcule el valor de la constante de torsión utilizando la ecuación (3). Repórtese en la tabla 2 con su respectiva incertidumbre.

Sabiendo la constante K , nos disponemos a calcular los momentos de inercia I de tres cuerpos: el cilindro, el disco y la esfera. Compararemos con los resultados de aplicar las fórmulas de los momentos de inercia de estos cuerpos .

Fórmula

Masa, m (kg)	0.419
Radio, R (m)	0.05
Momento de inercia calculado, $mR^2/2$ (kg·m ²)	0.000523 7
Periodo P (s)	0.58
Momento de inercia medido (kg·m ²)	0.00059

- b) Realice una gráfica de T^2 en función de r^2 .

Cálculo de la aceleración por el método de mínimos cuadrados.

	X_i	Y_i	X_i^2	$X_i Y_i$
Dato num.	t_i (seg)	\bar{V}_i (cm/seg)	t_i^2	$\bar{V}_i \times t_i$
1	5.85×10^{-2}	108	3.42×10^{-3}	6.32
2	9.75 "	151	9.51	14.72
3	1.37×10^{-1}	192	1.88×10^{-2}	26.30
4	1.76 "	236	3.10 "	41.54
5	2.15 "	300	4.62 "	64.50
6	2.54 "	287	6.45 "	72.90
7	2.93 "	356	8.59 "	104.30
Sumas $N=7$	1.23	1.63×10^3	0.259	3.31×10^2

- c) Linealice la ecuación (3) y realice un ajuste lineal por mínimos cuadrados.
- d) Calcule el valor de la constante de torsión a partir de la información obtenida en el ajuste lineal. Repórtese en la tabla 4 con su respectiva incertidumbre.

PREGUNTAS

- A. Determine el error porcentual de los valores de K obtenidos por los métodos de promedio y ajuste lineal con respecto al valor teórico de la constante de torsión suministrado por el simulador $K_{\text{teórica}} = 0.25 \text{ Nm/rad}$

$$\text{Error Porcentual} = \frac{|V_{\text{teo}} - V_{\text{exp}}|}{V_{\text{teo}}} \times 100$$

Rta:

Tabla 4. Resultado constante de torsión. Ajuste Lineal

Por lo que la ecuación de K nos da:

M: Masa

M1: pendiente

$$= (8 \cdot \pi^2 \cdot m) / (m1) = 3.354$$

K gráfico (Nm/rad)	Error Porcentual (%)
6998.36 ±0.05	36.654

- B. ¿Cuál de los dos métodos de cálculo de K de este laboratorio es más exacto? Explique su respuesta.

Rta:

El error porcentual de la K promedio tiene una mejor precisión de datos que la K por ajuste lineal, ya que su valor es más acertado al 0 que el otro método.

- C.Cuál es el significado físico de la pendiente y del punto de corte. Recuerde es conveniente realizar un análisis dimensional en estos casos

Rta:

Estructura de la ecuación

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12}ml^2 + 2mr^2}{K}}$$

$$T^2 = T_0^2 + \frac{1}{k}(8\pi^2mr^2)$$

Podemos determinar que:

$$T^2 \Rightarrow y$$

$$T_0^2 \Rightarrow b$$

$$\frac{8\pi^2m}{k} \Rightarrow m$$

$$r^2 \Rightarrow x$$

D. Escriba dos conclusiones finales de esta práctica de laboratorio

frecuencia angular: $\omega = 8 \pi \text{ rad/s}$;

numero ´ de onda: $k = 4 \pi \text{ rad/m}$;

longitud de onda: $\lambda = 2 \pi$

$k = 2 \pi$

$4 \pi = 0,5 \text{ m}$;

frecuencia: $\nu = \omega / 2 \pi$

periodo: $T = 1/\nu = 1/4 = 0,25 \text{ s}$;

velocidad de propagaci´on: $v = \lambda \nu = \omega/k = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ m/s}$

2. Velocidad de vibraci´on:

$v = -0,4 \pi \sin 2 \pi (4 t - 2 x) \text{ m/s} \Rightarrow v_{\text{máx}} = 0,4 \pi \text{ m/s}$

Aceleraci´on de vibraci´on:

$a = -3,2 \pi$

$2 \cos 2 \pi (4 t - 2 x) \text{ m/s}^2 \Rightarrow a_{\text{máx}} = 3,2 \pi \text{ m/s}^2$

3. Para calcular la elongación,

$$y(x = 1, t = 3) = 0,05 \cos 2 \pi (4 \cdot 3 - 2 \cdot 1) = 0,05 \text{ m}$$

El punto se encuentra en su máxima separación central y hacia la parte positiva.

$$v(x = 1, t = 3) = -0,4 \pi \sin 2 \pi (4 \cdot 3 - 2 \cdot 1) = 0 \text{ m/s}$$

El punto está en un extremo de la vibración y por ello su velocidad es igual a cero.

$$\begin{aligned} a(x = 1, t = 3) &= -3,2 \pi^2 \\ \cos 2 \pi (4 \cdot 3 - 2 \cdot 1) &= -3,2 \pi^2 \\ &2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Al estar el punto en el extremo positivo de la vibración, la aceleración es y de sentido negativo, se dirige hacia el centro de la oscilación.

REFERENCIAS

- Sears F. W., Zemansky M. W., Young H. D., Freedman R. A., Física Universitaria, Vol. I, Pearson Addison Wesley, México, 2005. 11ª Edición TEXTO GUIA
- COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Protocolo Colombo – Español de asistencia
- técnica. Guía de laboratorio de física /mecánica. S.F.
- MARTÍNEZ LOZANO, José A. Apuntes de física general I. Cap. VII.2 y VII.6. 2006.
- RAMÍREZ, R., & VILLEGAS, M. (1989). Investiguemos física 11. Bogotá: VOLUNTAD S.A
- Libro Digital: Volumen 1 y 2. Sears – Semansky, et al. Física universitaria con física moderna.
- Vol. 1. Editorial Pearson Education. Edición 13. Año 2013.
- Link: www.ebooks7-24.com.aure.unab.edu.co/onlinepdfjs/view.aspx
- Serway. R., et al., Física para ciencias e ingeniería. Vol. I y II. Editorial Cengage Learning. Edición
- 9. Año 2014.
- Ohanian H., et al. Física para ingeniería y ciencias. Vol.1 y II Editorial Mc. Graw-HillInteramericana. Año 2009.